

Procédé de rénovation d'une installation combinée d'un haut-fourneau et d'une unité de séparation de gaz de l'air

La présente invention concerne un procédé de rénovation d'une installation combinée d'un haut-fourneau alimenté en fluide oxydant issu au moins partiellement d'une unité de séparation des gaz de l'air (ASU).

Pour enrichir en oxygène un flux d'air, la production d'oxygène de haute pureté n'est pas requise et l'utilisation d'un appareil de distillation comportant une colonne de mélange, tel que décrit dans la document US-A-4 022 030 (Brugerolle) convient. Des installations combinées d'un haut-fourneau et d'un appareil de distillation d'air comprenant une telle colonne de mélange sont décrites par exemple dans les documents US-A-5 244 489 (Grenier) et EP-A-0 531 182 au nom de la demanderesse. Les approches suivies dans ces deux documents sont toutefois opposées : dans le document US-A-5 244 489, l'appareil de distillation est entièrement alimenté en air par une dérivation du vent d'une soufflante de haut-fourneau et la part du flux d'air fournie à la colonne de mélange est légèrement surpressée par un surpresseur entraîné par une turbine de maintien en froid détendant la part du flux d'air adressée à la colonne moyenne pression, dans un agencement imposant, pour effectuer ladite surpression, de turbiner une part importante de l'air d'alimentation de la colonne moyenne pression occasionnant des pertes de rendement d'extraction et d'énergie ainsi que des surdimensionnements des postes de réfrigération et d'épuration de l'air d'alimentation de l'appareil de distillation. A l'opposé, le document EP-A-0 531 182 prévoit une séparation complète des alimentations en air a) du haut-fourneau b) de la colonne moyenne pression et c) de la colonne de mélange mettant en oeuvre des moyens de compression distincts pour, notamment, permettre la production, dans la colonne de mélange, d'oxygène impur à des pressions élevées ou basses, dans un agencement onéreux en matière d'investissement et d'exploitation de machines tournantes et n'envisageant aucune synergie entre ces dernières.

EP-A-0 932 006 a pour objet de proposer une installation combinée et un procédé de mise en oeuvre d'une telle installation combinée à intégration extrêmement poussée et permettant des coûts d'exploitation notablement réduits tout en offrant une flexibilité dans la sélection des plages de fonctionnement.

Pour ce faire, le procédé proposé est du type comprenant au moins un four alimenté en air par au moins une soufflante fournissant de l'air à une première pression  $P_1$  et en oxygène par au moins un appareil de distillation d'air comprenant au moins une colonne moyenne pression alimentée en air au moins partiellement par la soufflante du four, et une colonne de mélange fournissant l'oxygène au four, et dans

lequel la colonne de mélange est alimentée en air par un compresseur de l'air à une pression  $P_2$  supérieure à  $P_1$ .

Selon une caractéristique particulière, la colonne moyenne pression est alimentée uniquement par de l'air comprimé fourni par la soufflante du four.

5 Dans le cadre de programmes de préservation de l'environnement, il est souvent fait appel à l'oxycombustion dans les chaudières du fait de la plus grande efficacité de ce type de procédé (on ne chauffe pas l'azote contenu dans l'air pour rien, et on peut récupérer directement un gaz très riche en  $\text{CO}_2$  contenant très peu de  $\text{N}_2$ ) et de la réduction des  $\text{NO}_x$  engendrée, en particulier par la combustion à l'oxygène  
10 industriellement pur (au-delà de 90 % d'oxygène).

Pour le haut-fourneau, ceci se traduit donc par l'injection d'oxygène pur (ou dilué à l'air) de manière à obtenir plus de 50 % en volume d'oxygène dans le vent qui alimente le haut-fourneau, de préférence plus de 80 % d'oxygène et plus  
15 préférentiellement plus de 90 % vol d'oxygène.

Cependant, pour un haut-fourneau traditionnel à air on dispose d'une soufflante d'air d'un débit éventuellement extrêmement élevé à une pression supérieure ou égale à  $2.5 \times 10^5$  Pascal, dont on a plus ou peu d'utilité dans un procédé « vent  
20 fortement oxygéné oxygène » tel que décrit ci-dessus.

En effet, soit on n'injecte plus du tout d'air dans le haut-fourneau, soit une très faible quantité (moins de 25 % de la capacité de la ou des soufflantes) pour diluer l'oxygène et l'on se retrouve alors avec une soufflante qui fonctionnerait en-dessous de sa capacité minimum, ce qui impose de la faire produire plus et de recycler la surproduction, soit de mettre à l'air la surproduction, ce qui dans les deux cas est  
25 énergétiquement parlant une mauvaise solution, trop coûteuse.

Le problème technique à résoudre consiste donc à réutiliser de manière efficace et économique une soufflante d'air disponible sur le site du haut-fourneau.

La solution proposée consiste à contrôler cette soufflante en débit et/ou en pression par un régulateur dont la mesure et la consigne proviennent de l'ASU (typiquement de l'épuration (débit d'air entrée ou sortie), ou du pré-refroidissement (débit d'air entre sortie soufflante et entrée épuration), ou de l'aspiration d'une  
30 deuxième machine (pression aspiration d'un compresseur additionnel)).

Le procédé selon l'invention est caractérisé en ce que plus de 50 % du débit de la soufflante qui alimente le haut-fourneau avant revamping est injecté dans une unité cryogénique de séparation des gaz de l'air afin de produire de l'oxygène de pureté supérieure à 90 %  $\text{O}_2$  vol qui alimente le haut-fourneau, le débit d'air de la  
35 soufflante et/ou la pression de l'air issu de la soufflante étant contrôlés par un

régulateur qui mesure ce débit et/ou cette pression à l'entrée et/ou à la sortie de l'étage d'épuration d'air, placé en amont de l'unité de séparation, de manière à contrôler le débit ou la pression de l'air issu de la soufflante, le fluide d'alimentation du haut-fourneau étant constitué par l'oxygène pur ou dilué avec de l'air produit par l'unité cryogénique de séparation.

Selon l'invention, l'air est fourni en partie ou en totalité par au moins une soufflante de haut-fourneau, le débit d'air ainsi fourni représentant plus de 50% du débit d'air comprimé par ladite au moins une soufflante,

Au moins une soufflante sera de préférence contrôlée en débit et/ou en pression par un régulateur dont la mesure et la consigne proviennent de l'ASU (typiquement de l'épuration (débit d'air entrée ou sortie), ou du pré-refroidissement (débit d'air entre sortie soufflante et entrée épuration)).

Selon une première variante de l'invention, l'air est fourni en partie ou en totalité par au moins une soufflante de haut fourneau, le débit d'air ainsi fourni représentant plus de 50% du débit d'air comprimé par la (les) soufflante, tandis que au moins une soufflante est contrôlée en débit par un régulateur dont la consigne est calculée à partir du débit de l'un des produits issus de l'ASU (Oxygène, Azote et/ou Argon sous forme liquide ou gazeuse).

De préférence, l'air comprimé issu de la soufflante sera refroidi jusqu'à une température inférieure ou égale à 50°C, puis éventuellement recomprimé dans un deuxième compresseur ou soufflante, avant d'être envoyé vers l'épuration en amont de l'ASU.

Selon une autre variante de l'invention, le débit de la soufflante est contrôlé par un régulateur FIC dont la mesure et la consigne proviennent de l'ASU (typiquement de l'épuration (débit d'air entrée ou sortie), ou du pré-refroidissement (débit d'air entre sortie soufflante et entrée épuration)), tandis que le compresseur additionnel ne comportera pas de régulation de débit spécifique.

Selon une autre variante de l'invention, la soufflante est contrôlée par un régulateur PIC dont la mesure et la consigne s'exercent sur le fluide (air) à l'aspiration du compresseur, tandis que le compresseur additionnel est régulé par un régulateur FIC dont la mesure et la consigne proviennent de l'ASU (typiquement de l'épuration (débit d'air entrée ou sortie), ou du pré-refroidissement (débit d'air entre sortie soufflante et entrée épuration)).

Enfin, l'ASU pourra produire aussi (sous forme gazeuse ou liquide) de l'oxygène et/ou de l'azote et/ou de l'argon et/ou de l'air « instrument » pour un autre usage que le haut-fourneau.

Selon une variante, le procédé selon l'invention est caractérisé en ce que la soufflante est contrôlée par un régulateur PIC dont la mesure de débit ou de pression et dont la valeur de consigne sont déterminées à partir du fluide d'entrée du second compresseur.

5 L'invention sera mieux comprise à l'aide des exemples de réalisation suivants donnés à titre non limitatif, conjointement avec les figures qui représentent :

- la figure 1, une illustration de l'invention ;
- la figure 2, une variante de la figure 1 ; et
- la figure 3, une variante de l'invention avec un second compresseur ou

10

Sur la figure 1, l'air comprimé issu de la soufflante 1 est envoyé par la canalisation 2 dans un moyen de refroidissement 3 puis via la ligne 5 à l'épuration « en-tête » reliée par la canalisation 6 à l'ASU 9 qui délivre de l'oxygène par la canalisation 10 au haut-fourneau 11, au point 12. Un contrôleur FIC 7 contrôle la soufflante 1 via les

15

connexions électriques 8 et 13, selon le procédé décrit ci-avant.

Sur la figure 2, qui est une variante de la figure 1, les mêmes éléments portent les mêmes références. La mesure des paramètres de contrôle se fait ici au niveau du flux d'oxygène à l'entrée du haut-fourneau, via le contrôleur de débit d'oxygène 14, relié à un appareil 15 qui calcule la valeur de consigne FY du FIC 17 qui contrôle via 18 et

20

13 le débit et/ou la pression de l'air délivré par la soufflante 1 à l'épuration 5.

Sur la figure 3, est représentée une variante des figures précédentes avec injection de l'air refroidi en 3 dans le recompresseur 19 qui nourrit l'épuration 5. Le contrôleur FIC 21 sur la ligne 6, mesure le débit et/ou la pression de l'air en ce point particulier (comme sur la figure 1) et retransmet l'information via 23 et 24 au recompresseur 19. Un autre contrôleur PIC 25 mesure le débit et/ou la pression d'air en

25

sortie des moyens de refroidissement 3 et contrôle via 26 et 13 la soufflante 1 comme décrit ci-avant.

REVENDICATIONS

1. Procédé de rénovation d'une installation combinée d'un haut-fourneau alimenté en fluide oxydant issu au moins partiellement d'une unité de séparation des gaz de l'air (ASU), caractérisé en ce que plus de 50 % du débit de la soufflante qui alimente le haut-fourneau avant rénovation est injecté dans une unité cryogénique de séparation des gaz de l'air afin de produire de l'oxygène de pureté supérieure à 90 % O<sub>2</sub> vol qui alimente le haut-fourneau, le débit d'air de la soufflante et/ou la pression de l'air issu de la soufflante étant contrôlés par un régulateur qui mesure ce débit et/ou cette pression à l'entrée et/ou à la sortie de l'étage d'épuration d'air, placé en amont de l'unité de séparation, de manière à contrôler le débit ou la pression de l'air issu de la soufflante, le fluide d'alimentation du haut-fourneau étant constitué par l'oxygène pur ou dilué avec de l'air produit par l'unité cryogénique de séparation.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la soufflante est contrôlée en débit par un régulateur dont la valeur de consigne est calculée à partir des caractéristiques de débit et/ou pression d'au moins un des fluides produits par l'ASU.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'air issu de la soufflante est refroidi à une température inférieure à 50°C avant d'être recomprimé dans un second compresseur.

4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la soufflante est contrôlée à l'aide d'un régulateur FIC dont la mesure et la consigne proviennent de l'un des fluides produits par l'ASU.

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la soufflante est contrôlée par un régulateur PIC dont la mesure de débit ou de pression et dont la valeur de consigne sont déterminées à partir du fluide d'entrée du second compresseur.

6. Procédé selon l'une des revendications 3 à 5, caractérisé en ce que le second compresseur est réglé par un régulateur FIC, les paramètres mesurés et de consigne étant issus de mesure de débit et/ou de pression de l'ASU.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**BEST AVAILABLE COPY**

1/3

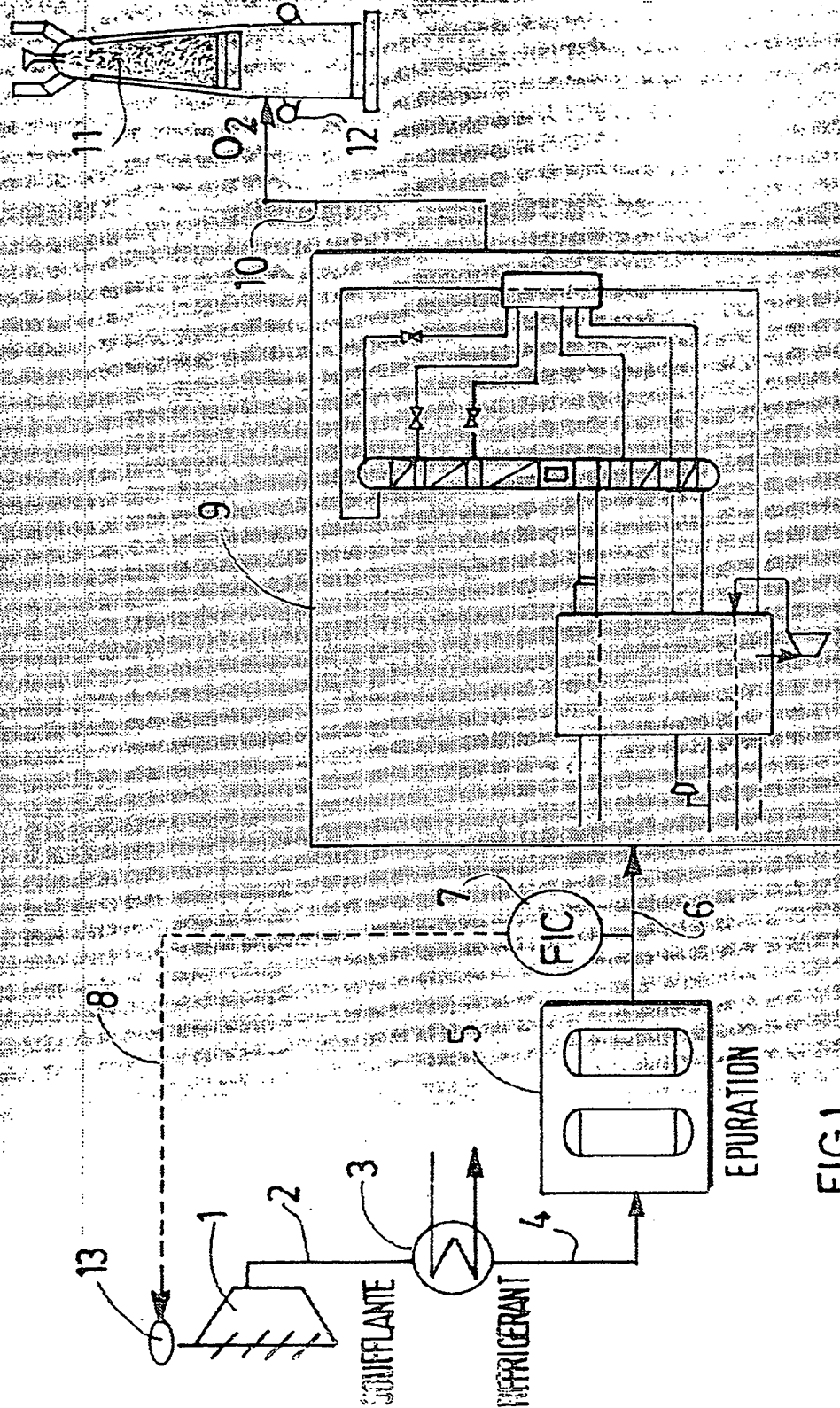


FIG.1

BEST AVAILABLE COPY

THIS PAGE BLANK (USPTO)

NOT AVAILABLE CODV



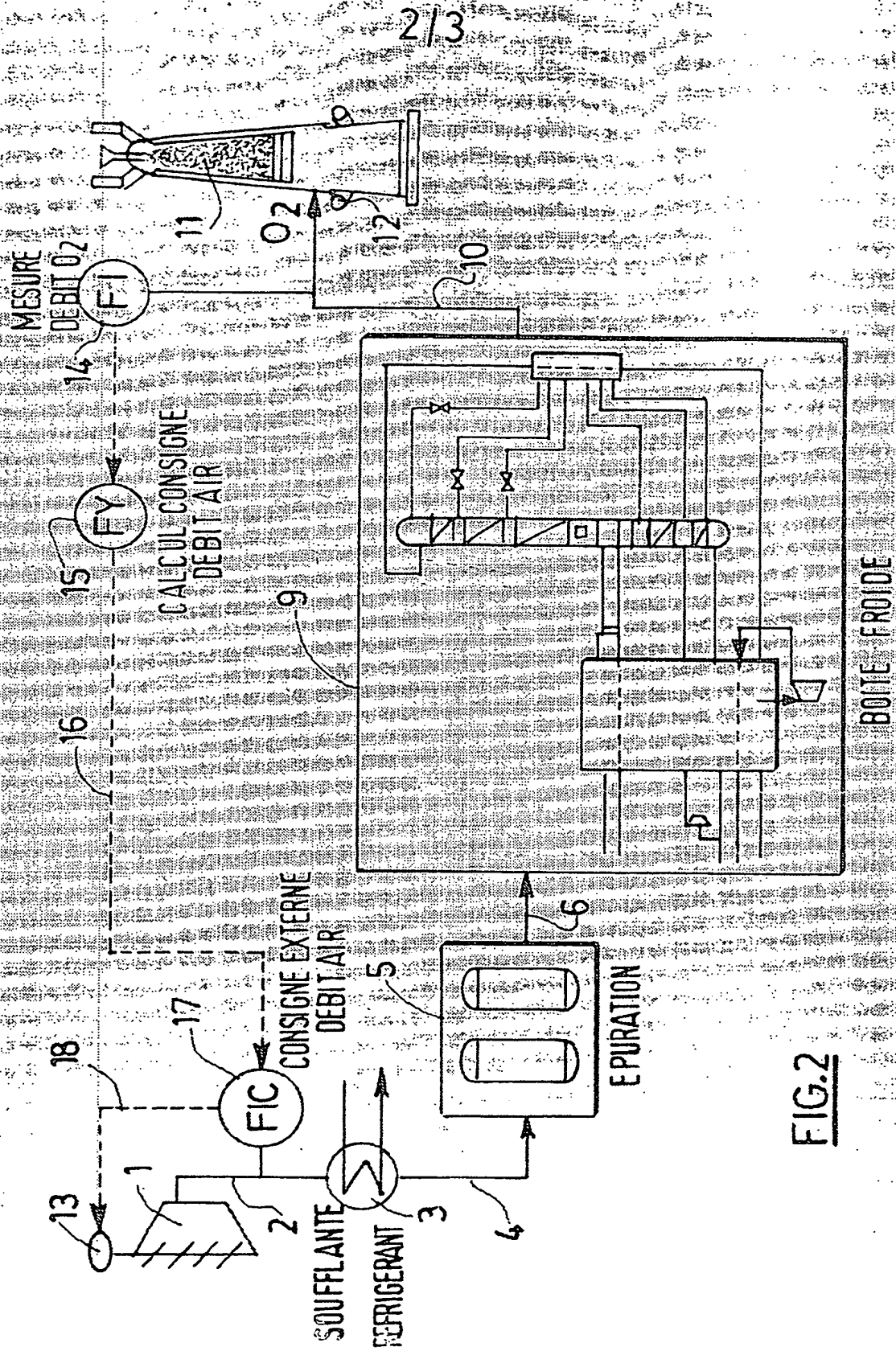


FIG. 2

BEST AVAILABLE COPY

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**REST AVAILABLE COPY**

3/3

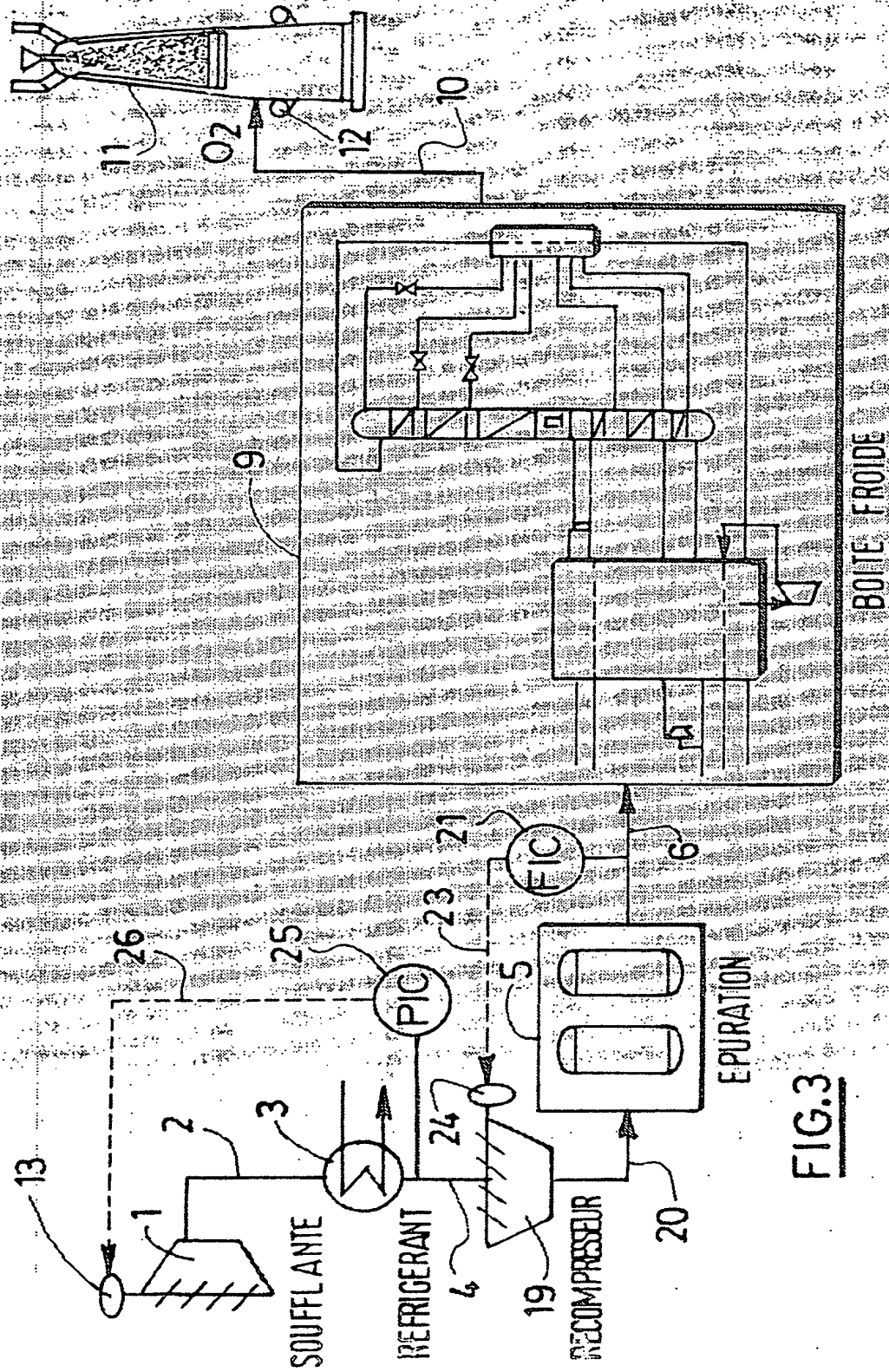


FIG.3

BEST AVAILABLE COPY

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**